

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Fermentasi merupakan proses yang melibatkan kinerja mikroorganisme seperti bakteri maupun *yeast*, dimana proses ini bertujuan untuk mengawetkan, mengubah tekstur hingga memperbaiki atribut sensori suatu produk pangan. Proses fermentasi dapat diterapkan pada produk makanan maupun produk minuman. Pembuatan minuman fermentasi beralkohol dapat berlangsung apabila terdapat gula yang difermentasikan oleh *yeast* menjadi etanol dan karbondioksida (CO₂) (Gunam, *et al.*, 2009). Sumber gula didapatkan pada buah-buahan, biji-bijian maupun umbi-umbian dengan kandungan pati. Pati yang terkandung dalam bahan pangan tersebut akan dihidrolisis menjadi gula-gula sederhana melalui proses yang melibatkan pemanasan, seperti pada proses *mashing*, *boiling* maupun pasteurisasi sehingga proses fermentasi dapat berlangsung.

Bir merupakan salah satu jenis minuman fermentasi beralkohol. Proses pembuatannya tergantung bahan baku utama yaitu *barley*. Selama proses fermentasi bir, perlu adanya proses germinasi *barley* menjadi *malt* sebelum digunakan pada proses *brewing*. Selain *malt barley* bahan lainnya seperti air, *hops*, *yeast* dan *adjuncts* (bahan tambahan) merupakan komponen utama proses *brewing*. Pemakaian *malt barley* sebagai bahan utama untuk memproduksi *wort* memiliki beberapa keuntungan yakni; tingginya kandungan pati, kandungan protein yang cukup serta memiliki aktivitas enzimatik yang lebih tinggi dibandingkan dengan sereal lainya (Kumar, *et al.*, 2019). *Malt barley* memiliki kemampuan memecah pati menjadi gula sederhana (*diastatic power*) lebih baik dibandingkan dengan jagung, sorghum dan beras. Kemampuan ini ditandai dengan adanya enzim β -amilase yang terkandung dalam *malt barley* sebesar 156-158 IBU/mg protein (Taylor, *et al.*, 2013).

Penggunaan *malt barley* sepenuhnya pada proses *brewing* membutuhkan biaya yang tinggi dikarenakan tingginya harga yang ditawarkan untuk *malt barley*. Oleh karena itu, perlu adanya modifikasi formulasi untuk meningkatkan kualitas sensori bir dengan menggunakan

serealialokal yang lebih mudah didapatkan dengan harga yang lebih terjangkau. Modifikasi ini dilakukan dengan menggantikan 10-20% *malt barley* dengan *unmalted cereal* (serealialokal) yang biasa disebut *adjuncts beer*. Beberapa keuntungan dapat diperoleh jika *brewing* dilakukan dengan *adjuncts* antara lain; menekan biaya yang dibutuhkan serta ketersediaan serealialokal lebih mudah didapatkan, dapat berkontribusi pada penampakan (*haziness*), rasa dan warna bir, serta meningkatkan kapasitas *brewing*. *Adjuncts* biasa digunakan dalam bentuk tidak dikecambahkan (*unmalted*) seperti *barley* (*Hordeum vulgare*), jagung (*Zea mays*), sorgum (*Sorghum bicolor*), dan beras (*Oryza sativa*) (Anonim, 2014f).

Jagung (*Zea mays*) adalah salah satu komoditas pertanian yang merupakan salah satu makanan pokok Warga Negara Indonesia. Tahun 2015, produksi jagung di Indonesia mencapai 19.612.435 ton. Oleh karena itu, jagung merupakan kontributor terbesar kedua setelah padi dalam subsektor tanaman pangan (Wardhani, *et al.*, 2015). Tingginya komoditas jagung ini dapat dimanfaatkan sebagai *adjuncts* pada *brewing* bir. Jagung sudah banyak dimanfaatkan di Amerika Serikat sebagai *adjunct* bir dalam bentuk *grits* jagung.

Penelitian ini dikembangkan berdasar Poreda, *et al.*, (2014) yang sudah dimodifikasi. Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah *extract malt barley*, *grits* jagung manis sebagai *adjuncts*, *hops*, *yeast* dan air. Formulasi yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah 0% *grits* jagung : 100% *extract malt barley*, 10% *grits* jagung : 90% *extract malt barley* dan 15% *grits* jagung : 85% *extract malt barley*. Ketiga formulasi tersebut merupakan formulasi terbaik berdasarkan keberterimaan sensori oleh 28 orang panelis tidak terlatih pada penelitian pendahuluan. Penggunaan jagung manis dalam bentuk *grits* sebagai *adjuncts* bir selain dapat menekan biaya, jagung manis dapat memberikan pengaruh pada warna bir menjadi lebih *light* serta memberikan cita rasa khas manis jagung (Bravi, *et al.*, 2014). Selain memberikan pengaruh pada penampakan bir, penggunaan jagung manis sebagai *adjuncts* dapat berpotensi dalam menunjang kesehatan karena banyak mengandung *phytochemical* (*bioactive chemical compound*) yang dapat berperan sebagai anti radikal bebas (Rouf Shah, *et al.*, 2016).

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan produk bir dengan cara mengombinasikan *grits* jagung manis dan *extract malt barley*. Selain mengembangkan produk bir, penelitian ini ditujukan pula untuk melihat rasio terbaik bir dengan kombinasi *grits* jagung manis dan *extract malt barley* berdasarkan hasil analisis fisiko-kimiawi, mikrobiologi dan sensori.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Minuman Beralkohol Bir

Bir adalah salah satu jenis minuman beralkohol yang diproduksi melalui proses fermentasi gula oleh *yeast* yang menghasilkan alkohol dan CO₂. Berbeda dengan *wine* dan *cider*, sumber gula bir berasal dari biji-bijian (*malted barley*). Selain itu, bir memiliki *flavour* yang khas berasal dari bunga *hops* (Anonim, 2014^a)

Minuman fermentasi yang mengandung alkohol seperti bir, memiliki manfaat yang baik bagi tubuh bila dikonsumsi pada takaran yang sesuai (240-280 mL/hari dengan kadar alkohol 3-5%). Jika mengonsumsi minuman beralkohol pada skala *intermediate*, akan memberikan sejumlah manfaat seperti mengurangi resiko serangan jantung, *stroke*, kerapuhan pada tulang dan aterosklereosis (Heineken, 2014).

Secara umum bir yang berkembang di dunia digolongkan menjadi dua jenis, yakni *lager's beer* dan *ale's beer*. *Lager's beer* banyak dikembangkan di German, dimana jenis bir ini banyak dijumpai dipasaran. Ciri khas daripada *lager's beer* adalah bewarna kuning keemasan dengan tingkat kepahitan *hops* pada level sedang. Berbeda dengan *ale's beer* yang memiliki warna lebih gelap dibandingkan *lager's beer* dengan cita rasa jauh lebih pahit. Jenis bir *ale* ini berkembang dari Inggris dan Irlandia. Selain kedua jenis bir tersebut, terdapat jenis lainnya yang biasa dijumpai dipasaran, seperti *wheat beers*, *stout beers*, *low alcohol beers* dan *low carbohydrate beers*.

Sebagai salah satu minuman beralkohol, produk akhir dari proses fermentasi bir harus memenuhi syarat konsumsi yang sudah ditentukan oleh SNI maupun standar internasional. Bir merupakan minuman beralkohol golongan A, dimana menurut SNI 01-3773-1995 (Lampiran 1.) (Tabel 15.) kadar alkohol yang boleh terkandung dalam bir berkisar 0,5-8%. Selain melalui SNI, syarat mutu bir *pilsener* yang mencakup kandungan gula (*Original Gravity* dan *Apparent Extract/Final Extract*), warna, tingkat kepahitan hingga kadar alkohol dijelaskan melalui Tabel 16. (Lampiran 1).

a. **Bahan Baku Pembuatan Bir**

Bahan baku yang diperlukan dalam proses pembuatan bir adalah *malt barley*, air dan *hops*.

- **Barley** (*Hordeum vulgare* L.) merupakan salah satu jenis gandum yang tidak mengalami proses germinasi, sehingga pada biji *barley* masih terdapat *matrix* protein yang membungkus pati *barley*. Keberadaan *matrix* ini akan menghambat proses pemecahan pati menjadi glukosa, oleh sebab itu, diperlukan enzim untuk memecah *matrix* protein tersebut agar pati dalam endosperma *barley* dapat dipecah menjadi gula sederhana agar proses fermentasi berjalan dengan baik (Kunze, 2004).
- **Malt** adalah *barley* yang sudah mengalami proses germinasi/perkecambahan. Proses perkecambahan (*malting*) dilakukan untuk memodifikasi komponen yang ada dalam biji *barley*. Proses *malting* melibatkan kinerja enzim dalam *barley* melalui proses perendaman pada air. Menurut Anonim (2014^b), biji *barley* yang sudah mengalami proses *malting* akan memberikan pengaruh yang besar terhadap warna, rasa, aroma juga kestabilan produk bir. Hal ini disebabkan oleh proses perendaman yang membuat enzim pada *barley* menjadi aktif memecah dinding sel *barley* yang semula memerangkap pati. Selain pati yang banyak terkandung dalam *malt barley*, protein juga banyak terkandung dalamnya. Protein yang terkandung dalam *malt* akan mempengaruhi *foam stability* yang berpengaruh terhadap produk akhir bir. Selain protein, kandungan mineral lainnya dalam *malt* akan sangat

dibutuhkan karena mineral yang ada akan menyediakan kebutuhan nutrisi bagi *yeast* untuk tumbuh (Anonim, 2014^d).

- **Hops (*Humulus lupulus*)** adalah bunga betina dari tumbuhan *family* Kanabis yang banyak tumbuh di dataran Eropa. *Hops* memberikan rasa dan aroma yang khas pada bir untuk menyeimbangkan rasa manis dari gula dan ekstrak *malt*. Aroma dan rasa khas tersebut dihasilkan dari resin yang merupakan *alpha acid* yang terkandung dalam bunga *hops*. Resin tersebut akan terisomerisasi selama proses pendidihan/pemasakan pada *wort copper* dalam tahapan *wort boiling*. Menurut (Anonim, 2014^e) resin akan mudah larut dalam proses pendidihan sehingga rasa pahit pada *hops* akan menjadi ciri khas pada bir dalam bentuk isomerisasi resin berupa *alpha-acid* yang lebih stabil dan mampu bertahan hingga proses fermentasi selesai. Selain oleh karena kandungan resin, *hops* juga memiliki minyak esensial yang berpengaruh pula terhadap rasa dan aroma bir serta kestabilan bir.
- **Adjuncts** adalah bahan tambahan pada bir yang sengaja ditambahkan pada proses *mashing* (pemaskan *wort*) bertujuan untuk memperbaiki kualitas bir. *Adjuncts* dapat dikategorikan menjadi 4 yakni: *malted cereals*, *processed cereals*, *unprocessed cereals*, gula/sirup. *Malted cereals* adalah biji-bijian yang sudah dikecambahkan (*malting*). Oleh karena *malted cereal* masih berbentuk biji-bijian, maka harus melalui proses *grinding* menjadi *grits* sebelum digunakan pada proses *mashing*. Sedangkan *processed cereals* adalah *adjuncts* yang disajikan dalam bentuk *grits*. *Adjuncts* jenis ini dapat digunakan langsung dalam proses *mashing* (tanpa *grinding*). *Unprocessed cereals* adalah biji-bijian tanpa proses *malting* biasa disajikan dalam bentuk *grits* yang dapat ditambahkan langsung dalam proses *mashing*. Namun sebelum ditambahkan, *adjuncts* ini harus mengalami proses gelatinisasi tersendiri (*cereal cooker*). Kategori *adjuncts* terakhir berupa gula/sirup yang biasa ditambahkan dalam bentuk *liquid* sukrosa. Penambahan *liquid* sukrosa biasa dilakukan proses *boiling wort* atau setelah proses fermentasi selesai sebagai *primings* untuk memberikan rasa yang lebih manis (Anonim, 2014^a).

b. Proses *Brewing* Bir (Produksi *Wort* hingga Produk Akhir Bir)

Proses pembuatan bir secara keseluruhan dikenal dengan istilah *brewing*. Proses ini dimulai dari persiapan *wort* hingga fermentasi bir. Tahap persiapan *wort* menjadi penting karena *wort* akan digunakan dalam proses fermentasi bir nantinya. *Malt* yang sudah dicampur dengan air pada perbandingan tertentu disebut dengan *mash*. Setelah dicampurkan, *mash* akan melalui proses *mashing*. *Mashing* merupakan proses konversi pati *malt* menjadi gula sederhana (*saccharification*) yang melibatkan kinerja enzim (*enzymatic*). Oleh karena itu, suhu *mashing* sangat berpengaruh dalam proses konversi ini. Pada akhir proses *mashing*, enzim sudah inaktif karena titik didih proses *mashing* sudah tercapai dan didapatkan *wort* sebagai produk dari *mashing*. Menurut (Anonim, 2014^d), *wort* harus mengandung:

- *Fermentable sugar* untuk proses fermentasi, juga *unfermentable sugar* yang berkontribusi dalam memberikan *mouthfeel* pada produk akhir bir.
- Protein yang berperan dalam kestabilan *foam* yang sangat berpengaruh pada penampilan produk akhir bir.
- Asam amino, lipida dan asam lemak untuk menunjang pertumbuhan *yeast*.
- Garam-garam mineral dan vitamin untuk meyakinkan pertumbuhan *yeast*.

Wort yang didapatkan melalui proses *mashing* perlu dipisahkan dengan ampasnya melalui proses separasi *wort*. Selain bertujuan untuk memisahkan *wort* dengan ampas *malt barley*, proses ini ditujukan untuk memaksimalkan *recovery extract* sehingga nantinya didapatkan *clear wort* dengan kandungan gula (*extract*) yang sesuai untuk proses fermentasi (Anonim, 2014^d).

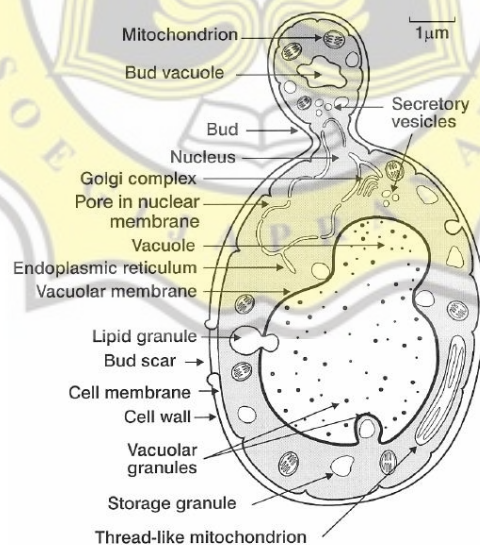
Proses selanjutnya adalah perebusan *clear wort*. Tujuan dari perebusan ini untuk mensterilisasi *wort* sehingga tidak terindikasi adanya mikroorganisme kontaminan yang dapat mengganggu proses fermentasi, menstabilkan *wort* dengan cara deaktivasi enzim pemecah pati, meningkatkan warna dan *flavour* pada *wort* oleh karena reaksi *Maillard* serta memekatkan *wort* sehingga didapatkan *final gravity* (kandungan gula) sesuai target. Proses perebusan *wort* dilakukan hingga mencapai suhu 100°C. Pada

proses ini pula ditambahkan *hops* yang berperan sebagai pemberi cita rasa pada bir. Penggunaan suhu tinggi memudahkan resin (*alpha acid*) pada *hops* larut dalam *wort* (Anonim, 2014^g).

Tahapan terakhir dalam preparasi *wort* adalah proses pendinginan dan *aeration* (pemberian O₂). Tujuan dari pendinginan *wort* adalah menciptakan kondisi substrat sesuai dengan *yeast* sebelum *pitching*. Temperatur optimum untuk proses *pitching yeast* antara 6°C hingga 20°C. Selain pengondisian suhu *wort*, dalam *wort* harus mengandung O₂ untuk pertumbuhan *yeast* (*lag and log phase fermentation*) (Anonim, 2014^h). Hal ini ditegaskan pula oleh (Heineken, 2014) kualitas *cold wort* yang baik ialah harus mengandung jumlah O₂ yang tepat (8-12 mg/L) dengan temperatur berkisar 10°C-13°C.

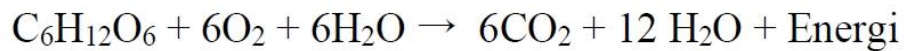
1.2.2. Yeast

Yeast tergolong dalam kelompok mikroorganisme eukariotik termasuk *kingdom Fungi*. Morfologi *yeast* dapat dilihat melalui Gambar 1.

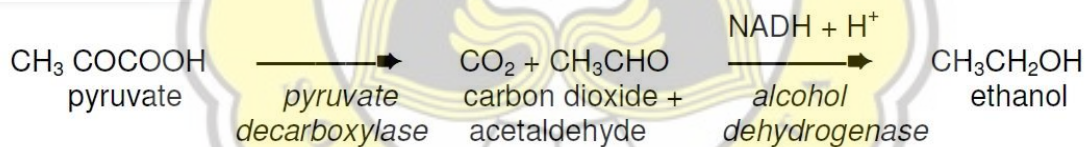


Gambar 1. Morfologi Yeast
(Sumber: Anonim, 2014^h)

Yeast merupakan organisme anaerob fakultatif, yang dapat hidup pada kondisi aerob (dengan O₂) dan anaerob (tanpa O₂). Jika kebutuhan oksigen terpenuhi, *yeast* akan melakukan respirasi secara aerob dimana gula akan terkonversi dalam bentuk CO₂ dan air, selain itu energi juga terbentuk dalam proses aerobik. Pada respirasi aerobik ini pula terbentuk sel-sel baru *yeast* yang lebih dikenal dengan istilah *budding yeast* (multiplikasi *yeast*). Berikut merupakan reaksi pada respirasi aerobik *yeast* :



Ketika kebutuhan akan oksigen tidak terpenuhi, *yeast* akan melakukan respirasi secara anaerob dimana *yeast* akan memanfaatkan gula menjadi alkohol (*ethanol*) yang berperan sebagai *solvent* dalam minuman, CO₂ sebagai tanda kehidupan *yeast* dan beberapa senyawa aromatik lainnya yang berperan sebagai *flavour* pada minuman beralkohol. Respirasi secara anaerobik ini lebih dikenal dengan istilah fermentasi. Pada proses fermentasi tidak ada pembentukan energi dan sel-sel *yeast* baru tidak tergenerasi. Berikut merupakan reaksi pada respirasi anaerobik *yeast*:



Ethanol merupakan produk utama yang dihasilkan oleh *yeast* selama proses fermentasi *wort*. Jenis alkohol rantai panjang yang dapat terbentuk dari fermentasi *wort* antara lain; n-propanol, 2-metil-butanol dan 3-metil-1-butanol. Alkohol tersebut merupakan produk samping dari katabolisme asam amino melalui jalur piruvat yang berasal dari metabolisme karbohidrat. Oleh karenanya, konsentrasi alkohol pada minuman fermentasi akan bergantung pada jumlah nitrogen (asam amino) yang terkandung dalam *wort* (Heineken, 2014).

a. **Brewing Yeast**

Brewing adalah rangkaian proses fermentasi bir. Dalam proses fermentasi bir dibutuhkan *yeast* yang lebih sering dikenal dengan *brewing yeast*. *Brewing yeast* dapat

diklasifikasikan menjadi 2 kelas utama yakni *top-cropping* (*top fermentation*) dan *bottom-cropping* (*bottom fermentation*). *Top cropping yeast* dapat dikatakan demikian karena pada akhir proses fermentasi bir, *yeast* akan terflokulasi pada bagian permukaan bir dan akan dihasilkan bir dengan tipe *ale's beer*. *Yeast* yang banyak berperan dalam *top-cropping* ini antara lain *S. cerevisiae*. Berbeda dengan *bottom-cropping*, *yeast* akan terflokulasi pada bagian bawah bir (mengendap). Pada Tabel 1., akan dijelaskan karakteristik dari *brewing yeast* yakni *ale's yeast* sebagai *top fermentation yeast* dan *lager's yeast* sebagai *bottom fermentation yeast*.

Tabel 1. Karakteristik *Brewing Yeast*

<i>Ale's Yeast</i>	<i>Lager's Yeast</i>
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Top fermentation yeast</i> • <i>Yeast</i> akan terapung pada akhir proses fermentasi karena CO₂ menempel pada dinding sel <i>yeast</i> • Suhu optimum fermentasi 20°C (<i>warm fermentation</i>) dengan kecepatan fermentasi relatif lebih cepat (3 hari fermentasi) • <i>Flavour</i> bir yang dihasilkan dari proses fermentasi cenderung berkarakter <i>ale's</i> • Proses pemanenan <i>yeast</i> dilakukan pada akhir fermentasi dengan cara <i>skimming yeast</i> terbaik untuk digunakan pada proses fermentasi selanjutnya • Tidak dapat mengonversi gula melibiosa • <i>Saccharomyces cerevisiae</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bottom fermentation yeast</i> • <i>Yeast</i> akan mengendap pada akhir poses fermentasi karena memiliki penyusun dinding sel <i>yeast</i> yang berbeda • Suhu optimum fermentasi 10°C (<i>cold fermentation</i>) dengan kecepatan fermentasi relatif lambat (7 hari fermentasi) • <i>Flavour</i> bir yang dihasilkan dari proses fermentasi cenderung berkarakter <i>lager</i> • Proses pemanenan <i>yeast</i> dilakukan pada akhir fermentasi dengan cara mengambil pada bagian bawah <i>vessel</i> fermentor, dan dalam proses pemanenan tidak dapat menyeleksi <i>yeast</i> terbaik seperti halnya <i>ale's yeast</i> • Dapat mengonversi gula melibiosa • <i>Saccharomyces carlbergensis</i> atau <i>Saccharomyces uvarum</i>

(Sumber: Anonim, 2014^b)

Berdasarkan Tabel 1., dapat diketahui bahwa setiap jenis *yeast* akan memiliki kinerja dalam mengonversi gula (fermentasi) berbeda-beda, sehingga akan menghasilkan

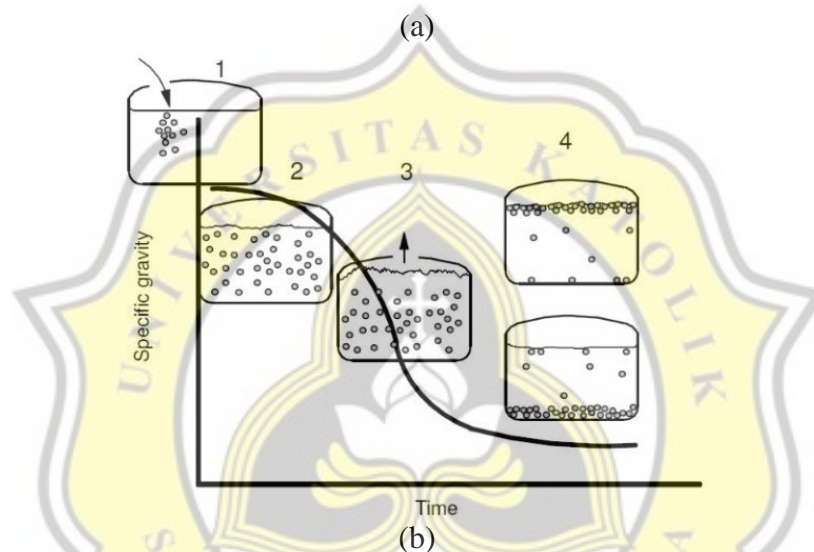
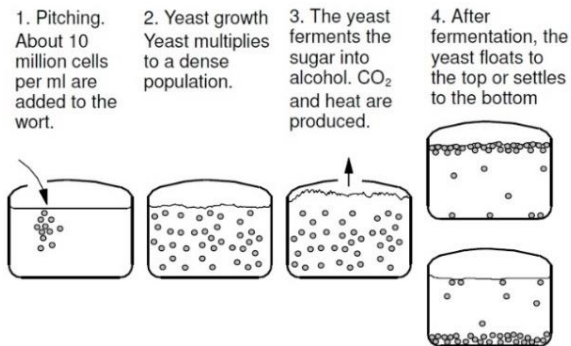
produk fermentasi yang berbeda pula bergantung pada keefektivan proses fermentasi yang terjadi. Oleh karenanya, bir yang ada akan selalu memiliki karakteristik tersendiri bergantung pada spesifikasi *brewing yeast* yang digunakan selama fermentasi. Hal ini juga berkaitan tentang bagaimana pengondisian *yeast* sehingga proses fermentasi dapat berjalan seoptimal dan seefektif mungkin dalam menghasilkan produk bir yang sesuai dengan kriteria (Anonim, 2014^e).

b. Peranan *Yeast* dalam Proses Fermentasi Bir

Yeast memiliki peranan penting dalam proses fermentasi karena *yeast* dapat memanfaatkan spektrum karbohidrat dan gula yang luas. *Yeast* dalam proses fermentasi bir dimulai pada proses *pitching yeast*. *Pitching yeast* adalah proses menambahkan inokulum *yeast* kedalam media fermentasi, pada kasus ini ditambahkan ke dalam *wort*. Dalam proses *pitching yeast* beberapa hal perlu diperhatikan, yakni inokulum/*strain yeast* yang digunakan dalam proses fermentasi harus sesuai dengan jenis substrat yang digunakan, harus dalam kondisi yang sehat dan memiliki viabilitas yang baik (90%-100%). Apabila digunakan *cropped yeast* perlu memerhatikan konsistensi *yeast* dan bebas dari kontaminasi *yeast* lainnya maupun bakteri.

Menurut (Anonim, 2014^e) *pitching yeast* merupakan pengaruh utama dalam proses fermentasi dan hasil yang didapatkan selesai proses fermentasi. Kunze (2004) menambahkan pula bahwa *yeast* memiliki peranan yang besar saat proses fermentasi berlangsung, oleh karenanya *yeast* harus memiliki kemampuan fermentasi yang cepat, mempunyai sifat genetik yang stabil (tidak mudah mengalami mutasi), bersifat *osmotolerant* (tahan pada tekanan osmosis tinggi), alkohol *tolerant* (14-15%) dan dapat bergenerasi dengan cepat (*budding yeast*). Secara sederhana, fermentasi adalah proses konversi gula menjadi alkohol yang dapat diukur melalui kandungan gula (*specific gravity*). Selama proses fermentasi berlangsung, *specific gravity* akan mengalami penurunan seiring dengan terbentuknya alkohol dan CO₂. Pada proses fermentasi bir, *yeast* akan melalui 4 tahapan utama. Keempat tahapan ini akan dijelaskan melalui ilustrasi berikut pada Gambar 2.

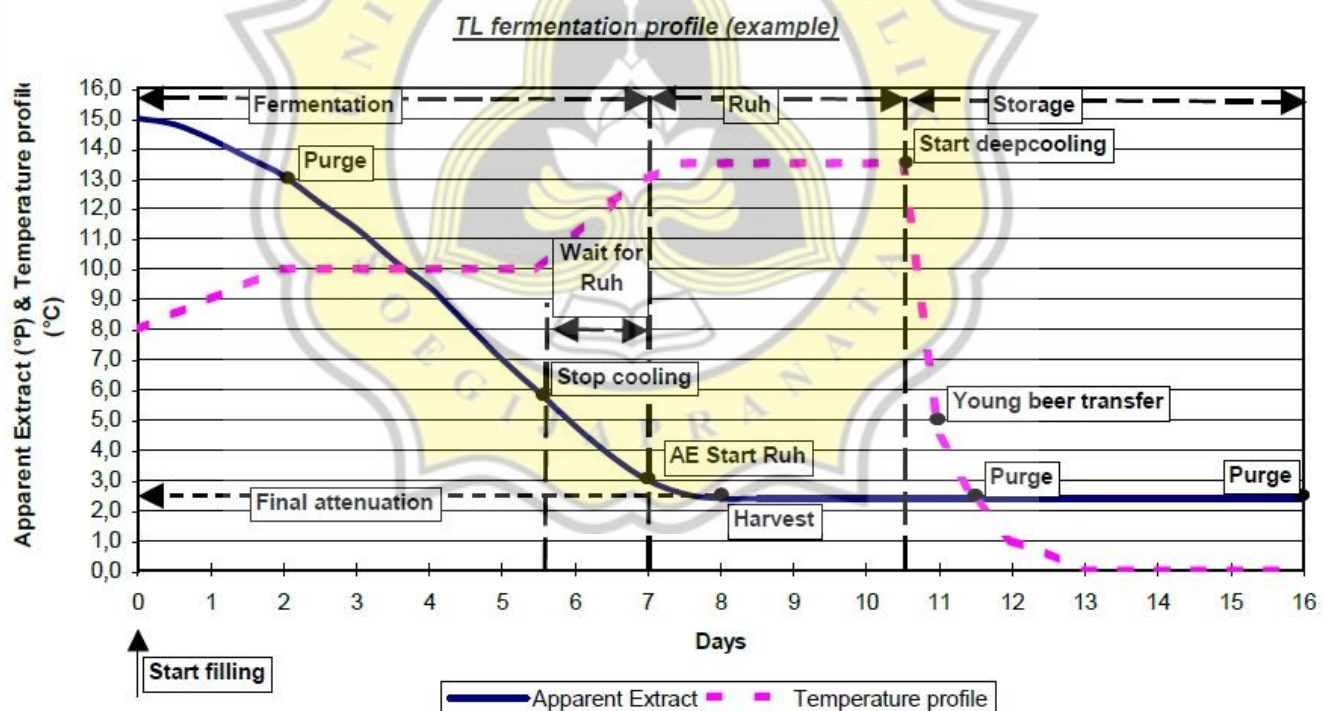
Four phases of fermentation



Gambar 2. Empat Fase Utama Fermentasi (a) dan Ilustrasi Fermentasi *Yeast* (b)
(Sumber: Kunze, 2004)

Berdasarkan ilustrasi Gambar 2., dapat dilihat terdapat 4 fase utama selama proses fermentasi berdasarkan *specific gravity* (kandungan gula) dan waktu fermentasi. Fase pertama adalah *pitching yeast*, pada fase ini tidak terjadi perubahan/penurunan *specific gravity*. Ketika *yeast* mulai memanfaatkan gula yang ada, *yeast* mulai bertumbuh. Fase ini lebih dikenal dengan *lag phase*, serta panjangnya *lag phase* ini sangat bergantung pada jumlah *yeast* yang ditambahkan juga bergantung pada viabilitas *yeast* yang digunakan. Selanjutnya, *specific gravity* akan turun secara perlahan karena pertumbuhan *yeast* (*yeast budding*) semakin pesat. Fase kedua ini dikenal dengan istilah *growth phase*. Fase ini berlangsung lama atau tidaknya bergantung pada suhu, terlebih ketersediaan oksigen dalam *wort*. Pada fase ketiga, *specific gravity* mengalami penurunan secara

cepat, fase ini merupakan proses fermentasi dimana *fermentable sugar* secara mudah dikonversi dalam bentuk alkohol, volume CO₂ bertambah secara pesat seiring dengan *heat* yang dihasilkan. Selama proses fermentasi ini, pH bir akan turun pula. Fase teakhir, kadar gula (*specific gravity*) menurun dengan lambat diikuti dengan pengendapan *yeast* (*bottom fermentation*) atau *yeast* mengapung pada *top fermentation*. Fase keempat ini merupakan tahapan untuk memanen *yeast* dan dilakukan penurunan suhu bir untuk terjadinya proses maturasi (pematangan bir) (Anonim, 2014^e). Proses pemanenan *yeast* dalam *brewing beer* biasa dikenal dengan istilah *RUH*. Proses ini dilakukan untuk memanfaatkan kembali *yeast* dalam melakukan proses fermentasi berikutnya, namun dalam pemakaian pada proses fermentasi berikutnya tetap harus memperhatikan viabilitas *yeast*. Profil fermentasi bir berdasarkan empat fase utama fermentasi dapat dilihat melalui Gambar 3.



Gambar 3. Profil Fermentasi Bir berdasarkan *Apparent Extract (Original Gravity)*, Suhu dan Waktu Fermentasi
(Sumber: Heineken, 2014)

c. *Saccharomyces uvarum*

Yeast yang biasa digunakan dalam *brewing* bir termasuk dalam genus *Saccharomyces*. *Saccharomyces* merupakan mikroorganisme tertua yang banyak digunakan dalam proses fermentasi bir, *wine* ataupun pembuatan roti, hal ini dikarenakan spesies *Saccharomyces* tergolong dalam kelompok *Generally Recognized as Safe* (GRAS) yang dapat menghasilkan dua metabolit primer yang penting yakni *ethanol* dan karbondioksida. Sebagai suatu golongan mikroorganisme, *yeast* memanfaatkan karbohidrat dan gula untuk tumbuh dan melakukan fermentasi sehingga dihasilkan dua metabolit primer yang penting sebagai hasilnya.

Dua spesies terbesar yang sering digunakan sebagai *brewer's yeast* ialah *S. cerevisiae* dan *S. uvarum*. *S. cerevisiae* dapat memecah banyak bentuk gula dalam proses fermentasi, contohnya glukosa, fruktosa, manosa, galaktosa, sukrosa, maltosa, maltotriosa dan rafinosa. Sedangkan *S. uvarum* (*calrbergenesis*) (*lager yeast*) dapat memecah dekstrin dan melibiosa dalam proses fermentasi. Namun antara *S. cerevisiae* dan *S. uvarum* tidak dapat memecah gula pentosa (ribosa, silosa dan arabinosa), selobiosa (hasil hidrolisis hemiselulosa dan selulosa), laktosa, inulin dan selulosa. Selain perbedaan dalam kemampuan memecah jenis gula, *S. cerevisiae* dapat menghasilkan etanol lebih tinggi dibandingkan dengan *S. uvarum* selama proses fermentasi. Dalam 10% larutan gula, *S. cerevisiae* dapat menghasilkan 5 g *ethanol*/100 g larutan, sedangkan *S. uvarum* hanya menghasilkan 1 g *ethanol*/100 g larutan (diukur pada 7-8 hari fermentasi) (McGhee, *et al.*, 1982).

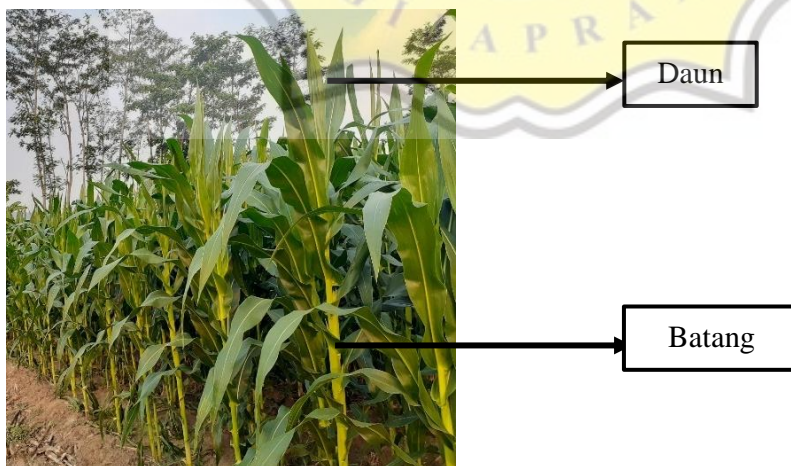
1.2.3. Jagung Manis (*Zea mays L. saccharata*)

Jagung merupakan salah satu hasil tanaman sereal yang terkemuka di dunia, dimana jagung dapat memenuhi kebutuhan kalori harian yang diperlukan manusia. Jagung sendiri menduduki peringkat ketiga dalam golongan sereal yang banyak dibutuhkan di negara-negara seluruh dunia (Fox, 2018). Menurut Suarni & Yasin, (2011) jagung manis merupakan salah satu varietas jagung yang cukup digemari dan dibudayakan oleh masyarakat sebagai

sumber pangan fungsional karena rasanya yang manis dan mempunyai peranan yang cukup besar dalam memenuhi kebutuhan gizi masyarakat. Oleh karena kandungan gizi dan serat kasar yang cukup memadai sebagai bahan baku pangan, jagung sering dimanfaatkan sebagai makanan pokok pengganti beras (Surbakti, *et al.*, 2013).

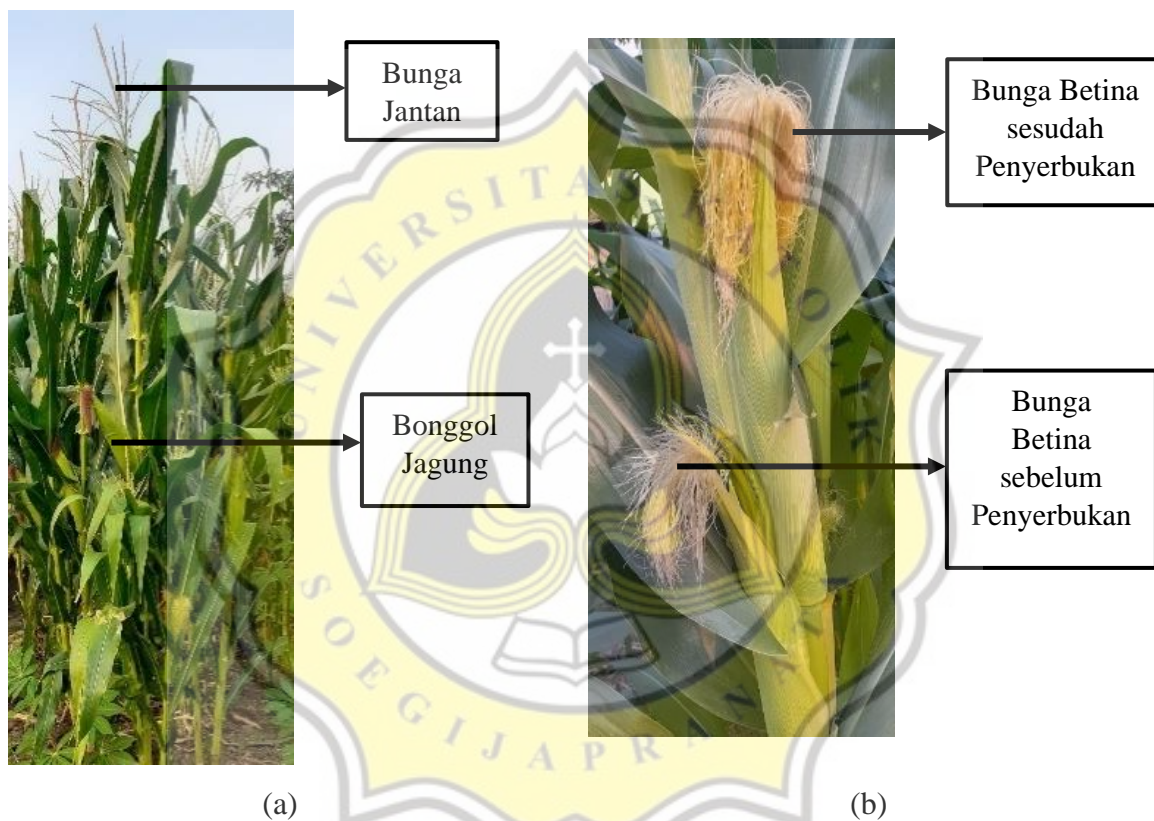
a. Jagung Manis

Jagung manis (*Zea mays L. saccharata* Sturt.) merupakan tanaman semusim dari ordo *germinae* yang memiliki struktur batang tunggal dan *monoceous*. Tanaman berakar serabut ini memiliki tiga macam akar yakni, akar seminal, akar adventif dan akar penyangga. Batang tanaman jagung manis tidak bercabang, berbentuk silindris dan terdiri atas sejumlah ruas dan berbuku-buku. Batang jagung memiliki tiga komponen jaringan utama yakni kulit (epidermis), jaringan pembuluh (*bundles vaskuler*) dan pusat batang (*pith*) (Ekowati & Nasir, 2011). Jumlah daun pada tanaman jagung manis sama dengan jumlah buku pada batang jagung. Pada umumnya jumlah daun jagung manis berkisar antara 10-18 helai daun. Lebar daun dikategorikan menjadi 3 ukuran daun yakni, sangat sempit (<5 cm), sempit (5,1-7 cm), sedang (7,1-9 cm), lebar (9,1-11 cm) dan sangat lebar (>11 cm). Bentuk ujung daun jagung manis dibedakan menjadi runcing, runcing agak bulat, bulat, bulat agak tumpul dan tumpul. Sedangkan tipe daun jagung manis sendiri dibedakan menjadi tegak menggantung (Surbakti *et al.*, 2013). Penampakan batang dan daun tanaman jagung manis dapat dilihat melalui Gambar 4.



Gambar 4. Batang dan Daun Tanaman Jagung Manis (*Zea mays L. Saccharata*)
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Tanaman jagung memiliki bunga jantan dan bunga betina yang letaknya terpisah. Bunga jantan jagung terletak pada malai bunga atau pada ujung tanaman jagung, sedangkan bunga betina terletak pada tongkol jagung. Bunga betina dan tongkol dapat muncul melalui perkembangan *axillary apices* tajuk. Sedangkan pertumbuhan bunga jantan (*tassel*) berkembang pada *apical* ujung tanaman jagung (Suarni & Yasin, 2011). Penampakan tanaman jagung dapat dilihat melalui Gambar 5.

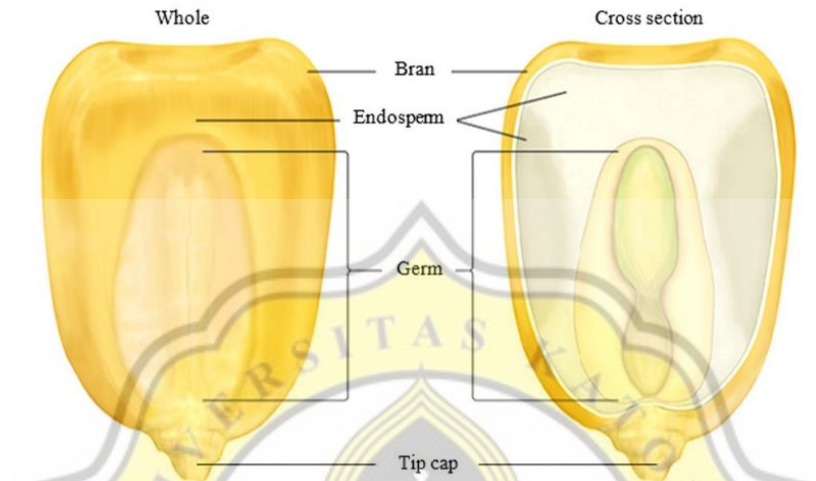


Gambar 5. Penampakan Bunga Jantan dan Bonggol pada Jagung Manis (*Zea mays* L. *Saccharata*) (a) dan Penampakan Bunga Betina pada Jagung Manis (*Zea mays* L. *Saccharata*) (b)
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

b. Kandungan Pati, Protein dan Komponen Fenilik Biji Jagung Manis

Biji jagung (Gambar 6.) tersusun atas 4 bagian yakni, *endosperm* (82%-84% berdasarkan massa total biji), *germ* (10%-12%), *bran* (5%-6%) dan *tip cap* (1%) (Ai & Jane, 2016). Berdasarkan 4 bagian susunan biji jagung, *endosperm* memiliki presentase

terbesar penyusun biji jagung. *Endosperm* pada biji jagung manis tersusun oleh pati dan protein (cadangan protein pada jagung yang dikenal *zein*). Pada jagung, pati yang terkandung *endosperm* tersusun atas 70%-80% amilopektin dan 20%-30% amilosa (Fox, 2018).



Gambar 6. Biji Jagung (lapisan luar, endosperma, embrio dan tip cap)
(Sumber: Ai & Jane, 2016)

Komponen yang berpengaruh pada warna biji jagung ialah karotenoid. Karotenoid merupakan salah satu *bioactive chemical compound* yang tersusun atas beberapa pigmen yakni merah, oranye dan kuning. Pada jagung, pigmen karotenoid yang banyak terkandung adalah pigmen warna kuning, dimana pigmen ini banyak ditemukan pada *bran* dan *endosperm* jagung (Rouf Shah, *et al.*, 2016). Karoten yang banyak terkandung pada jagung manis (*yellow maize*) ialah *alpha* (α) dan *beta* (β) karoten, dimana kedua komponen ini memiliki aktivitas provitamin A yang baik dalam mencegah kanker.

Selain karotenoid, menurut (Rouf Shah, *et al.*, 2016) pada jagung manis terkandung 2 komponen fenolik terbesar yakni *ferulic acid* (FA) dan antosianin. Kandungan *ferulic acid* pada jagung manis jauh lebih besar dibandingkan dengan *barley* dan gandum. FA mempunyai kemampuan sebagai antioksidan, sehingga dapat mencegah terjadinya oksidasi pada sel-sel dalam tubuh manusia. Selain itu, manfaat kesehatan dari FA ialah dapat menjadi anti kanker, *anti-inflammatory*, dan anti diabetes. Sedangkan antosianin

merupakan komponen fenolik yang biasa dijumpai yang lebih dikenal dengan *flavonoid*. *Flavonoid* merupakan komponen *phytochemical* yang banyak berperan dalam kesehatan karena kemampuannya dalam menangkal radikal bebas (*antioxidant activity*) yang dapat mengurangi beberapa gejala penyakit. Dimana potensi antioksidan dalam jagung dapat meningkatkan *system* imun serta dapat menghambat agregasi trombosit. Dengan mengonsumsi antosianin setidaknya 5% dari kebutuhan makanan selama 36 minggu dapat menghambat perkembangan yang bersifat karsinogen (Rouf Shah, *et al.*, 2016)

Jagung mengandung sekitar 75% pati (*dry basis*). Sumber pati dalam jagung banyak ditemukan pada bagian endosperma biji jagung. Endosperma jagung memiliki peranan penting sebagai penyedia nutrisi untuk pertumbuhan tanaman. Secara umum, amilopektin merupakan penyusun terbesar dalam pati jagung (75%) dan sebanyak 25% adalah amilosa. Karakteristik yang membedakan kedua polimer gula ini adalah rantai cabang yang dimiliki, amilopektin memiliki rantai cabang jauh lebih banyak dibandingkan dengan amilosa (Fox, 2018). Kandungan nutrisi pada jagung selain pati, terdapat juga protein, lemak, serat pangan juga kadar abu. Melalui Tabel 2., komponen penyusun biji-bijian disajikan dalam bentuk presentase.

Tabel 2. Presentase Komposisi Biji-Bijian

	<i>Corn</i> (%)	<i>Barley</i> (%)	<i>Wheat</i> (%)	<i>Sorghum</i> (%)	<i>Rice</i> (%)
<i>Starch</i>	72,1	67,0	69,8	71,1	73,0
<i>Protein</i>	9,5	12,7	13,2	10,5	9,2
<i>Fat</i>	4,5	1,9	1,9	3,0	1,4
<i>Fibre</i>	2,0	5,4	2,6	2,0	2,7
<i>Ash</i>	1,5	2,8	1,8	1,5	1,8

(Sumber: Erh, Agu, & Brew, 2002)

Berdasarkan Tabel 2., dapat diketahui kandungan yang umum dijumpai pada biji-bijian ialah pati, protein, lemak, serat pangan dan kadar abu. Jagung memiliki kandungan pati (*fermentable sugar*) lebih tinggi dibandingkan *barley* dan gandum. Sehingga peran jagung sebagai *adjuncts* dapat menyokong kebutuhan akan *fermentable sugar* pada

wort. Selain itu, jagung memiliki kadar protein jauh lebih rendah dibandingkan *barley*, gandum dan *sorghum*. Protein sangat dibutuhkan dalam *wort* sebagai salah satu komponen yang menyokong pertumbuhan sehat untuk *yeast* serta mempertahankan *foam stability* pada produk akhir bir. Namun menurut (Anonim, 2014^g) protein memiliki potensial memberikan pengaruh *cloudy* pada produk akhir bir. Oleh karena kandungan protein yang rendah pada jagung, produk akhir yang dihasilkan akan jauh lebih jernih walaupun terkesan jauh lebih *lighter* dibandingkan dengan *brewing* menggunakan 100% *malt barley* (Gatza, *et al.*, 2019).

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rasio penambahan *grits* jagung dan *extract malt barley* dalam proses pembuatan bir terhadap karakteristik fisik (warna, dan kekeruhan), kimia (kandungan gula, derajat keasaman, aktivitas antioksidan, kadar etil alkohol dan metil alkohol), mikrobiologi (*total yeast count* dan viabilitas *yeast*) serta analisis sensori (warna, aroma, rasa, *bitterness* dan *overall*) terhadap bir komersial, standar SNI 01-3373-1995 dan syarat mutu Bir Pilsener menurut *Brewers Association*.

